

**Family list**

1 application(s) for: JP9070669

**1 SHAPE CREATING METHOD AND DEVICE THEREFOR****Inventor:** TAKINO HIDEO ; ITO HIROSHI (+4)      **Applicant:** MORI YUZO ; NIPPON KOGAKU KK**EC:**      **IPC:** H05H1/46; B23K10/00; C23F4/00; (+17)**Publication info:** JP9070669 (A) — 1997-03-18

---

Data supplied from the **esp@cenet** database — Worldwide

## SHAPE CREATING METHOD AND DEVICE THEREFOR

Publication number: JP9070669 (A)

Publication date: 1997-03-18

Inventor(s): TAKINO HIDEO; ITO HIROSHI; SHIBATA NORIO; EBI MASAMI; TANAKA HIROAKI; MORI YUZO

Applicant(s): MORI YUZO; NIPPON KOGAKU KK

Classification:

- international: H05H1/46; B23K10/00; C23F4/00; G02B3/00; H01L21/302; H01L21/3065; H01L27/14; H05H1/46; B23K10/00; C23F4/00; G02B3/00; H01L21/02; H01L27/14; (IPC-1-7): B23K10/00; B23K10/00; C23F4/00; G02B3/00; H01L21/3065; H01L27/14; H05H1/46

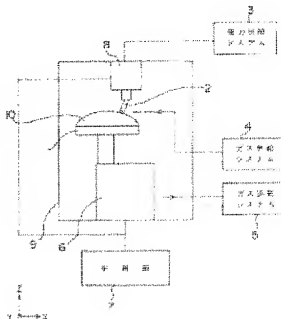
- European:

Application number: JP19950230347 19950907

Priority number(s): JP19950230347 19950907

Abstract of JP 9070669 (A)

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a machining device which machines by the radical reaction generated with a plasma and which is suitable for machining a curve face. **SOLUTION:** In a machining device having a support part 1 to mount an object to be machined 10, an electrode 2 to generate a plasma, a gas supplying part 4 to supply reaction gas at least to the neighborhood of the object to be machined 10, and a transferring means 6 to transfer the electrode 2 relatively against the object to be machined 10 in order to transfer the electrode 2 to the machining point of the object to be machined 10, in order to machine by keeping the plasma generating face of the electrode 2 in parallel with the tangent plane of the machining part of the object to be machined 10, an electrode inclining means 8 to incline the electrode is arranged.



Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide

(51)IntCl <sup>4</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 3 K 10/00	5 0 1		B 2 3 K 10/00	5 0 1 Z
	5 0 2	8315-4E		5 0 2 B
C 2 3 F 4/00			C 2 3 F 4/00	A
G 0 2 B 3/00			G 0 2 B 3/00	Z
H 0 1 L 21/3065			H 0 5 H 1/46	A
審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 16 頁) 最終頁に続く				

(21)出願番号 特願平7-23047

(22)出願日 平成7年(1995)9月7日

(71)出願人 000191593

森 勇蔵

大阪府交野市私市8丁目16番9号

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 滝野 日出雄

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(72)発明者 伊藤 博

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(74)代理人 弁理士 三品 岩男 (外1名)

最終頁に続く

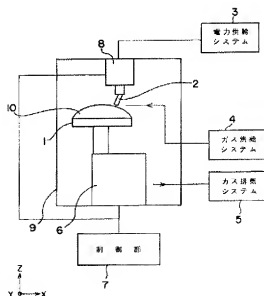
(54)【発明の名称】 形状創成方法および形状創成装置

(57)【要約】

【課題】 プラズマによって生成したラジカル反応によって加工を行う加工装置であって、曲面の加工に適した装置を提供する。

【課題解決手段】 被加工物10を搭載するための支持部1と、プラズマを生成するための電極2と、被加工物10の少なくとも近傍に反応ガスを供給するためのガス供給部4と、電極2を被加工物10の加工すべき点に移動させるために、電極2を被加工物10に対して相対的に移動させる移動手段6とを有する加工装置において、電極2のプラズマが生成される面を、被加工物10の加工すべき部分の接平面と平行に保って加工を行うために、電極を傾斜させる電極傾斜手段8を配置する。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 被加工物に反応ガスを供給し、局部的にプラズマを生成するための電極を前記被加工物に近接させ、前記電極が生成したプラズマによって前記反応ガスのラジカルを生成し、前記被加工物と前記ラジカルとを反応させ、反応生成物を揮発させることにより前記被加工物を加工し、前記被加工物の形状を創成する方法であって、

前記電極の外面のうち、前記被加工物と対向し、プラズマを生成するプラズマ生成面を、少なくとも加工前の前記被加工物の加工すべき部分に平行に保って加工を行うことを特徴とする被加工物の形状創成方法。

【請求項2】 請求項1において、前記電極のプラズマ生成面が、平面である場合には、前記プラズマ生成面を、前記被加工物の加工すべき部分の接平面に平行に保つことを特徴とする被加工物の形状創成方法。

【請求項3】 請求項1において、前記電極のプラズマ生成面が、曲面である場合には、前記プラズマ生成面の中央部の接平面を、前記被加工物の加工すべき部分の接平面に平行に保つことを特徴とする被加工物の形状創成方法。

【請求項4】 請求項1において、前記被加工物および電極の配置されている空間の圧力を、大気圧よりも低い圧力に保って加工を行うことを特徴とする被加工物の形状創成方法。

【請求項5】 請求項1において、前記被加工物として、研磨加工を施された被加工物を用いることを特徴とする被加工物の形状創成方法。

【請求項6】 表面に粒状の加工残が存在する物品であって、

前記物品は、被加工物品に反応ガスを供給し、局部的にプラズマを生成するための電極を前記被加工物品に近接させ、前記電極が生成したプラズマによって前記反応ガスのラジカルを生成し、前記被加工物品と前記ラジカルとを反応させ、反応生成物を揮発させる工程によって加工され、

前記工程において、前記電極の外面のうち、前記被加工物と対向し、プラズマを生成するプラズマ生成面を、少なくとも加工前の前記被加工物の加工すべき部分に平行に保って加工されたものであることを特徴とする物品。

【請求項7】 被加工物を搭載するための支持部と、局部的にプラズマを生成するための電極と、

前記被加工物の反応ガスを供給するためのガス供給部と、

前記電極を前記被加工物の加工すべき点に移動させるために、前記電極を前記被加工物に対して相対的に移動させる移動手段と、

前記電極がプラズマを生成するプラズマ生成面を、前記被加工物の加工すべき部分と平行に保つために、前記電極を傾斜させる電極傾斜手段とを有することを特徴とす

る被加工物の形状創成装置。

【請求項8】 請求項7において、前記電極傾斜手段は、前記電極の軸方向が、前記被加工物の法線方向に一致するように電極を傾斜させることを特徴とする被加工物の形状創成装置。

【請求項9】 請求項7において、前記電極傾斜手段は、外周に前記電極が取り付けられた回転体と、前記回転体を任意の角度だけ回転させる回転駆動手段とを有することを特徴とする被加工物の形状創成装置。

【請求項10】 請求項7において、前記電極傾斜手段に傾斜量を指示する制御手段をさらに有し、

前記制御手段は、前記被加工物の加工前の形状データを用いて、前記被加工物の加工すべき点の接平面を求め、前記接平面が前記電極のプラズマ生成面と平行になるように、前記回転駆動手段に回転角度を指示することを特徴とする被加工物の形状創成装置。

【請求項11】 請求項7において、前記回転体は、前記反応ガスを前記電極まで導くための第1の流路を有し、前記電極は前記第1の流路によって導かれた反応ガスを前記プラズマを生成する面に吹き出すための第2の流路を有することを特徴とする被加工物の形状創成装置。

【請求項12】 請求項11において、前記回転体は、固定部材によって回転可能に支持され、前記固定部材は、前記ガス供給手段によって供給される反応ガスを前記第1の流路まで導くための第3の流路を有することを特徴とするレンズ加工装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はカメラ、顕微鏡、半導体製造装置などの光学製品に使用される光学レンズを製造する装置に関し、特に、非球面レンズを製造するのに適した装置に関する。

【0002】

【従来の技術】カメラ、顕微鏡、半導体製造装置などの光学製品の光学系には、おもにガラスレンズが用いられる。ガラスレンズは、以下の工程を経て製造される。

【0003】（1）プレス工程：溶融状態のガラスから

プレス成形してガラスブロックを作る工程。  
（2）研削工程：ガラスブロックを研削加工機で研削加工することにより、所望の曲率を有する粗面レンズを製造する工程。

【0004】（3）スミージング工程：粗面レンズ上にダイヤモンドベレットを貼り付けた金属皿を運動させることにより、粗面レンズの表面のスクラッチやクラック層を除去する工程。ダイヤモンドベレットの代わりに、金属皿と粗面レンズとの間に粒径の大きい砥粒を供給して加工する場合もある。砂掛け工程と呼ばれる。

【0005】（4）研磨工程：研磨ポリシヤを用いて粗面レンズを研磨することにより、粗面レンズ表面のスク

ラッチやクラック層をさらに除去すると共に、研削工程時に生じていた形状誤差を修正する工程。

【0006】(1)～(4)の工程によって球面レンズを制作する場合には、(2)の研削工程ではカーブジェネレータを用い、研削砥石を所望のレンズ曲率の円弧に沿って動作させて加工を行う。(3)のスムージング工程では、所望のレンズ曲率を有する金属皿を、被加工レンズ上で揺動させて加工を行う。(4)の研磨工程では所望の曲率を有する金属皿に、ガラスよりも軟質の物質を貼り付けて、水に砥粒を分散させた研磨液を供給しながら加工を行う。

【0007】ところで、レンズには前記球面レンズのほかに非球面レンズがある。この非球面レンズは、球面レンズでは得られない優れた性能を有することから重用されている。非球面レンズは、一般に下記のような方法で加工される。

【0008】まず、目的とする非球面レンズの曲率に近い近似曲率半径を有する球面レンズを上述の研削工程によって加工しておく、そして、この球面レンズをNC制御による研削機を用いて非球面形状に加工する。この時点では、数 $\mu$ m程度の形状誤差が生じている。

【0009】研磨工程においては、前工程で生じた形状誤差の修正やスクラッチやクラック層の除去を行う。研磨工程は、スモールツールポリッシングか、あるいは、均等研磨とスモールツールポリッシングとを併用して行われる。

【0010】スモールツールポリッシングとは、NC制御による研磨機にレンズ径よりも小さい研磨パッドを取り付けて非球面に沿って研磨するものである。均等研磨とは、レンズ径よりも十分面積の広い軟質の研磨パッドをレンズに押しあてながら研磨を行うものである。

【0011】スモールツールポリッシングでは小径の研磨パッドが用いられるので、レンズの任意の位置の形状誤差を高精度に修正できる。その反面、加工時間は遅い。一方、均等研磨は、レンズ全面が一度に研磨されるので、スクラッチやクラック層の除去は比較的速く行えるが、当然のことながら形状修正は行えない。また、均等研磨の場合によっては、NC研削時よりもさらに形状誤差が大となることもある。このため、均等研磨のあとには形状誤差修正のためにスモールツールポリッシングを行うのが一般的であり、この場合も加工時間を要する。

【0012】なお、非球面レンズの加工において、研削工程と研磨工程の間に、スムージング工程が入る場合もある。これはスモールツールポリッシングとほぼ類似の方法であるが、粒径の大きい砥粒を用いて加工するものである。

【0013】ところで、従来の機械加工によるレンズの加工方法は、加工によって表面に歪が生じるため、歪の生じない加工が望まれている。たとえば、ラジカル反応を利用した無歪加工方法が、特開平1-125829号

公報等に記載されている。この加工法で、ラジカル生成にプラズマを用いるものは、特にプラズマCVM (Chemical Vaporization Machining) と呼ばれている(森ら、精密工学会春季大会学術講演会講演論文集 P. 637 1992)。

【0014】プラズマCVMは、高圧力において加工電極にプラズマを発生させ、このプラズマにハロゲンなどの電気陰性度の高い反応ガスを供給する。すると、反応ガスのラジカルが生成される。このラジカルと被加工物表面とを反応させて、揮発物質(以下では生成ガスとよぶ)に変えることにより除去を行う加工法である。

【0015】この加工法では、高圧力下でプラズマを生成することにより、従来にない高濃度のラジカルを生成できる。この高濃度のラジカルにより、機械加工に匹敵する高加工速度が得られる。また高圧力下であるために、電界強度の高い加工電極周辺だけに局材化したプラズマを生成できる。その結果、加工領域が加工電極近傍に限定することができ、加工電極形状に依存した極めて空間分解能の高い加工を達成できる。

【0016】さらに、機械加工では塑性変形、ぜい性破壊といった物理現象を利用しているために加工表面にダメージを与えることになるが、プラズマCVMでは化学的に加工が進行するので加工表面は無歪である。

【0017】プラズマCVMによる平面物体の高精度加工は、被加工物の形状(前加工形状)と物体の設計値とを比較して、前加工形状が凸となっている箇所を除去することが基本となる。具体的には、被加工物をNC制御が可能な位置決めステージに取り付け、加工電極を、被加工面に対向する位置であってかつ、被加工面からある距離だけ離れた位置に設置する。つぎに加工電極とステージとの間に電圧を印加し、プラズマを生成させる。プラズマに反応ガスを連続的に供給する。数値制御により位置決めステージを移動させ、除去したい位置に加工電極を近接させる。そして除去量が定まった時、被加工面近傍に加工電極を滞在させる。ここでは加工量が多い場合には長時間滞在させ、少ない場合は短時間滞在させるようにする。除去箇所に応じて順次被加工物を移動させる。被加工面内の各々の加工位置に、電極を所定の時間滞在させることにより、最終的に所望の形状を加工する。

【0018】【発明が解決しようとする課題】しかしながら、実際に、プラズマCVMを用いて光学レンズを加工しようとすると、高精度に加工を行うことが困難であった。また、加工表面を観察してみると、表面が荒れていることがあった。

【0019】本発明は、プラズマによって生成したラジカル反応によって加工を行う加工装置であって、光学レンズ等の曲面の加工に適した装置を提供することを目的とする。

【0020】

【課題を解決するための手段】従来のラジカル反応を利用した加工装置により光学レンズ等の曲面を備えた物品を加工した場合に、加工精度の低下や表面の荒れが生じる原因は、以下のような点にあると考えられる。

【0021】従来のプラズマCVM装置によって、レンズを加工しようとする、図4(a)、(b)のように、被加工レンズ301に加工電極302を接近させた状態で、加工電極302とレンズを搭載しているワークテーブル1との間に電圧を印加することにより、加工電極302と被加工レンズ301とが対向する部分にプラズマを発生させることになる。

【0022】このとき、発明者らの研究によれば、加工電極302の一方のエッジが他方のエッジよりも、被加工レンズ301に接近したり、離れたりとすると、被加工レンズ301の加工量にばらつきが生じると考えられる。

【0023】加工量にばらつきが生じる原因のひとつは、加工電極302のエッジ部分が、被加工レンズ301に接近したり、離れたることにより、被加工レンズ301との間でプラズマ強度の高い領域や低い領域が生じたり、加工電極302のエッジ部分が被加工レンズ301から離れすぎ、被加工レンズ301にプラズマが接触しなくなるためであると考えられる。図4(a)、

(b)を用いてこの現象を説明する。図4(a)は、加工電極302のエッジ部分307が、被加工レンズ301に接近した例で、プラズマ306にプラズマ強度の高い領域303が生じ、この領域303に接している被加工レンズ301の加工量が増加する。図4(b)は加工電極302のエッジ部分308が被加工レンズ301から離れた例で、プラズマ304にプラズマ強度の低い領域305が生じ、この領域305に接している被加工レンズ301の加工量が減少する。

【0024】また、被加工レンズの表面電気を測定したところ、強度の強いプラズマにさらされた部分が著しく粗くなっていた。

【0025】一方、図4(a)、(b)のように、電極のエッジ部分が被加工レンズに近づいたり、離れたりとすると、被加工レンズと電極との間に形成される空間の大きさと形状とが変化するため、これに伴って、空間の各部分の反応ガスの流量も変化し、この反応ガスの流量の変化も上述の加工量のばらつきの原因になっていると考えられる。

【0026】加工電極の一方のエッジが他方のエッジよりも被加工物に離れたり近づいたりすることによって、被加工物の加工量にばらつきが生じることを確認するために、加工電極に対して平面の被加工物を傾斜させて加工する実験を行った。加工電極にはφ4mmのパイプ状の電極を用い、反応ガスをパイプの中心から吹き出すようにした。被加工物の法線を、加工電極の軸から0、

2、3°それぞれ傾斜させて加工した。このように被加工物を傾斜させることにより、加工電極の一端は被加工物から離れるようになる。図10に実験結果の一例を示した。図10から、被加工物の傾斜にともなって、すなわち電極がプラズマを生成する面(プラズマ生成面)と加工面とのすなわすの変化にともなって、加工量に変化することが確認できた。

【0027】上述のようなことから、従来のプラズマCVMにおいて、曲面の被加工物を加工しようとする、供給電力や反応ガスの供給流量等の加工条件を一定しても、実際には、加工量にばらつきが生じてしまい、被加工レンズを所望の形状に高精度に加工できなかったと考えられる。

【0028】そこで、本発明では、電極がプラズマを生成する面、すなわち、プラズマ生成面を被加工レンズの加工すべき部分に平行に保つようとする。電極のプラズマ生成面が平面である場合には、この面を、被加工レンズの加工すべき部分の接平面と平行に保つ。また、電極のプラズマ生成面が曲面である場合には、この曲面の中央部の接平面を、被加工レンズの加工すべき部分の接平面と平行に保つ。

【0029】このために、本発明によれば、被加工物を搭載するための支持部と、プラズマを生成するための電極と、前記被加工物の少なくとも近接に反応ガスを供給するためのガス供給部と、前記電極を前記被加工物の加工すべき点に移動させるために、前記電極を前記被加工物に対して相対的に移動させる移動手段と、前記電極がプラズマを生成するプラズマ生成面を、前記被加工物の加工すべき部分と平行にするために、前記電極を傾斜させる電極傾斜手段とを有することを特徴とする被加工物の形状創成装置が提供される。

【0030】

【本発明の実施の形態】本発明の実施の形態であるレンズ加工装置について、図1を用いて説明する。

【0031】本発明のレンズ加工装置は、被加工レンズ10を搭載するためのワークテーブル1と、被加工レンズ10の近傍でプラズマを発生させるための加工電極2とをチャンバ9の内部に備えている。

【0032】加工電極2は、図1の実施の形態の場合には、プラズマを生成するための先端部が平面である円柱状の電極を用いている。以下、加工電極2の外周のうち、被加工レンズ10と対向し、プラズマを生成する先端の平面をプラズマ生成面と呼ぶ。本実施の形態では、プラズマ生成面の全体にプラズマが生成されるものとする。

【0033】加工電極2には、プラズマ生成面が被加工レンズ10の加工したい部分の表面の接平面と平行になるように、加工電極2の軸を被加工レンズ10の法線方向に傾けるための電極傾斜ユニット8が取り付けられている。

【0034】また、ワークテーブル1には、被加工電極2のアラズマ生成面を、被加工レンズの加工したい部分に所望の間隔をあけて対向させるために、被加工レンズ10をX-Y-Z方向および回転移動させる位置決めユニット6が取り付けられている。ワークテーブル1は、導電性の材料で形成されている。

【0035】さらに、加工電極2とワークテーブル1とは、アラズマ生成のために加工電極2とワークテーブル1との間に電圧を印加し、電力を供給する電力供給システム3が接続されている。

【0036】電極傾斜ユニット8と位置決めユニット6とは、これらの動作を制御する制御部が接続されている。

【0037】また、チャンバ9には、加工電極2の近傍に反応ガスを供給するガス供給システム4と、反応ガスを被加工レンズ2との反応により生成したガスを排気するガス排気システム5とが取り付けられている。

【0038】つぎに、図1のレンズ加工装置を用いて、高精度の光学レンズを製造する方法について説明する。

【0039】例えば、低精度の球面レンズを被加工レンズとして、本発明の加工装置によって、所望の球面レンズとの誤差量を加工することにより、高精度の球面レンズを製造することができる。また、低精度の球面レンズを被加工レンズとして、本発明の加工装置によって、所望の非球面レンズとの形状差(非球面量)を加工することにより、被加工レンズに内蔵する形状の高精度の非球面レンズを製造することができる。さらに、低精度の非球面レンズを被加工レンズとして、本発明の加工装置によって、所望の非球面レンズとの誤差量を加工することにより、高精度の非球面レンズを製造することができる。

【0040】被加工レンズは、種々の方法で加工したものを加工することができるが、例えば、機械加工により以下のように製造することができる。

【0041】球面レンズを被加工レンズとする場合には、ガラスブロックを、カーブジェネレータ、スムージング、および、研磨加工することにより、球面レンズを製造する。一方、非球面レンズを被加工レンズとする場合には、ガラスブロックを、カーブジェネレータ、NC研削、スムージング、および、均等研磨加工することにより非球面レンズを製造する。得られる低精度の非球面レンズを被加工レンズとする。

【0042】被加工レンズは、本発明のレンズ加工装置によって高精度に加工できるため、表面粗さがある程度小さくなっていれば、形状精度は低精度でよい。したがって、被加工レンズは、機械加工により比較的短時間でかつ低コストで製作することができる。たとえば、φ200mmの球面の被加工レンズであれば、研削、スムージング、研磨を合計しても、2〜3時間程度で加工できる。

【0043】また、研削まで行い、研磨を行っていないものを被加工レンズとしてもよい。この場合、本発明の加工装置により、機械加工の研磨に相当する加工をすべて行うことになるため、本発明の加工装置による加工に要する時間は長くなるが、製造工程において研磨機が不要であるにもかかわらず高精度の光学レンズを製造することができるため、高精度の光学レンズの製造する設備としては安価になる場合もある。

【0044】このようにして製造した球面または非球面の被加工レンズ10を図1のレンズ加工装置のワークテーブル1上に設置する。そして、チャンバ9を閉じ、ガス排気システム5により、チャンバ9を一旦減圧する。その後、ガス供給システム4により反応ガスを供給し、チャンバ内の圧力を所定の圧力(数100トル)にする。

【0045】加工電極2のアラズマ生成面を被加工レンズ10にあらかじめ定めた距離まで接近させる。電力供給システム3により、加工電極2に高周波電力を印加する。これにより、加工電極2のアラズマ生成面にアラズマが発生し、このアラズマにより、反応ガスのラジカルが生成される。

【0046】制御部7は、電極傾斜ユニット8に加工電極2の傾斜量を指示する。このとき、加工電極2のアラズマ生成面を、被加工レンズ10の加工部分の接平面と平行にするために、制御部7は、被加工レンズ10の加工前の形状データを用いて、被加工レンズ10の法線を求める。そして、加工電極2の中心軸が加工部分の被加工レンズ10の法線と常に一致させるように、加工電極2の傾斜量を定め、これを電極傾斜ユニット8に指示する。

【0047】同時に、制御部7は、加工電極2のアラズマ生成面が、被加工レンズ10の表面の各点上に、その点の加工すべき量に応じた時間だけ滞在するように、加工電極2に対する被加工レンズ10の移動量を位置決めユニット6に指示する。このとき、加工すべき量は、加工前の被加工レンズの形状データと、目的とする球面または非球面レンズとの形状データの差を求めることによって定められる。加工前の被加工レンズの形状データは、加工前の被加工レンズの形状を実測することにより得る。目的とするレンズの形状データは、設計値を用いる。

【0048】電極傾斜ユニット8および位置決めユニット6を同時に動作させることにより、加工電極2を傾斜させ、加工電極2の軸を被加工物の法線と一致させながら、被加工レンズ10を移動させ、加工電極2のアラズマ生成面を、被加工レンズ10上で加工すべき量に応じて相対的に移動させることができる。これに伴い、アラズマによって生成した反応ガスのラジカルと被加工レンズ10とが反応し、被加工レンズ10の表面が所望の形状に加工される。反応によって生じたガスは、ガス排気

システムによって排気される。

【0049】本実施の形態の加工装置では、加工電極2を傾けることによって、プラズマ生成面を被加工レンズ10の接平面に平行に保つingため、プラズマの強度が均一になる。また、反応ガスが、電極2と被加工レンズ10との間を均一に流れる。これら2つのことにより、被加工レンズ10のうち加工電極2のプラズマ生成面が対向している部分が一様に加工されるため、加工電極2の滞在時間に対応した加工量で、高精度に被加工レンズを所望の形状に加工することができる。

【0050】また、被加工レンズである低精度レンズの表面に、機械加工によって生じた加工変質層が存在し、これがレンズの光学性能に影響を及ぼしている場合には、まず、レンズの全面を加工変質層分だけ除去するように、加工電極2のプラズマ生成面をレンズの全面上に一定の時間滞在させ、その後、形状誤差を除去するように、形状誤差に対応した時間だけ、レンズ表面の各地点に滞在させることにより、より光学性能の高い光学レンズを製造できる。

【0051】上述のように、本発明の加工装置を用いることにより、加工すべき対象の表面が、光学レンズのような曲面であっても、高精度に加工を行うことができる。

【0052】図1の実施の形態では、加工電極2として、図9(a)に示したような、円柱状の電極(図9(a)では、スティック電極と示す)を用いたが、本発明は、円柱状の電極に限定されるものではない。円柱状の電極では、プラズマを生成する面すなわち被加工レンズに對向する面が、平面であるが、プラズマを生成する面が、複数の面に分割されている電極(図9(b)、図9(d))や、プラズマ生成面が曲面の電極(図9(g))や、網状の電極(図9(f))を用いることもできる。

【0053】例えば、図9(b)のように、複数の円柱状電極を配列した複合スティック電極を用いることができる。複合スティック電極は、各スティック電極のプラズマ生成面が一平面上に位置するように配置する。また、図9(c)のように、ブレード状の電極を用いることもできる。ブレード状の電極は、プラズマ生成面をブレード電極長手方向について被加工レンズの曲率に合わせた形状にすることができ、図9(d)の複合ブレード電極は、図9(c)のブレード電極を複数配列したものである。このとき、各ブレード電極のプラズマ生成面が、一平面上に位置するように配列する。図9(e)のブロック電極は、プラズマ生成面の面積が大きく、一度に大きな面積を加工できる。図9(f)のメッシュ電極は、複数のワイヤ状の電極を一平面上で縦横に交差させたものである。ワイヤで構成される平面がプラズマ生成面となる。図9(g)の曲面電極は、プラズマ生成面が被加工レンズの曲率に対応した曲面形状の電極である。

例えば、加工前の被加工レンズが曲率半径Rの球面レンズであり、被加工レンズと電極との間隔がHである場合には、曲面電極のプラズマ生成面の曲率半径を $R+H$ とすることにより、プラズマ生成面の全面を被加工レンズに平行に保つingことができ、広い面積を一定の加工効率で安定に加工できる。また、この曲面電極のプラズマ生成面を、複数の面に分割されている電極(図9(b)、(d))のようにすることもできる。

【0054】加工電極のプラズマ生成面を被加工レンズに平行に保つingためには、本発明では、プラズマ生成面が平面である場合には、被加工レンズの加工部分の接面に平行に保つing。また、プラズマ生成面が曲面である場合には、プラズマ生成面の中央部の接面を、加工前の被加工レンズの加工部分の接面に平行に保つing。

【0055】ここで、被加工レンズの加工部分の接平面は、加工量が小さい場合には、加工前の被加工レンズの曲面の接平面で定めることができる。ただし、加工量が大きき場合には、加工途中の被加工レンズの曲面の変化に対応して接平面の傾きが変化するため、計算または実測により曲面の変化を求め、これに追従させて加工電極を傾斜させることが望ましい。

【0056】また、被加工電極で生成されるプラズマは、被加工電極のプラズマ生成面全面に生成される場合の他に、プラズマ生成面のうち周辺部分等の一部分のみに生成される場合がある。例えば、上述の実施例の円柱状の加工電極の場合には、被加工レンズと対向する円形の面のうちの周辺部分のみに、リング状にプラズマが生成される場合がある。このように、プラズマがプラズマ生成面の一部のみに生成される場合には、加工電極のプラズマが生成される部分が形成する平面を、プラズマ生成面として、この面を被加工レンズと平行に保つingにする。上述の円柱状の加工電極の円形の面の周辺部分にリング状にプラズマが形成される場合には、例えばこの円形の面の中央部が凹部が形成されていても、プラズマが生成される部分が一平面上に位置する場合には、この一平面をプラズマ生成面とする。そして、このプラズマ生成面を、被加工レンズまたは被加工レンズの接平面と平行に保つingにする。

#### 【0057】

【実施例】本発明の一実施例のレンズ加工装置を図2を用いて説明する。なお、図1の実施の形態の加工装置と対応する部分には、図1と同じ符号を付して示し、説明を省略する。

【0058】チャンバ9は、2つのチャンバ9a、9bに分割されている。被加工レンズ10とワークテーブル1を収納するチャンバ9aは、約600mm、高さ約300mmのステンレス製とされ、位置決めユニット6は、チャンバ9aとは独立したチャンバ9bに収納し、位置決めユニット6が反応ガスにふれて腐食するのを防止した。位置決めユニット6を収納するチャンバ9b



は、約 $\phi 1500$ mm、高さ $1000$ mmのステンレス製とした。両チャンバ9a、9b間は、ステンレス製の蛇腹9cを隔壁9dを介して接続した。ワークテーブル1と位置決めユニット6を連結する連結棒101は、蛇腹9c底面の隔壁9dに固定した。ワークテーブル1は、 $\phi 400$ mmのステンレス製とした。

【0059】加工電極2には、外径 $\phi 5$ mm、内径 $\phi 3$ mmのNi製パイプを用いた。ただし、電極2は交換可能で、図9(a)～(g)に示したような各種形状のものを取り付けることができる。

【0060】電力供給システム3には、 $130$ MHzで最大出力 $1$ kWの高周波電源31とマッチング回路32とにより構成した。このマッチング回路32は、チャンバ9a側と高周波電源31とのインピーダンスマッチングのためである。

【0061】ガス供給システム4は、反応ガスの流量をコントロールするマスフローコントローラおよびバルブにより構成した。ガス供給システム4により流量をコントロールされた反応ガスは、パイプ状の加工電極2の内側を流れ、電極2aの先端から、電極2aの先端に生じているプラズマに連続的に供給される。図2の装置では、反応ガスは $30\text{cc}/\text{min} \sim 100\text{L}/\text{min}$ の範囲で調整できるようにした。反応ガスには $\text{He}$ 、 $\text{SF}_6$ 、 $\text{N}_2$ を使用できるようにした。なお、反応ガスは、被加工レンズ10の筒材により種々選択できるようにした。

【0062】ガス排気システム5は、ドライポンプ、吸着装置、および、バルブにより構成した。この構成により、反応で生成したガスは、ドライポンプで吸引されてチャンバ9a外に排出される。また、人体に有毒な生成ガスは、吸着装置で吸着されたのち、無害なガスが大気放出される。

【0063】被加工レンズ10とワークテーブル1を移動させる位置決めユニット6は、X、Y、Zの3軸方向の直進と回転の自由度を有する。X、Yは各々約 $150$ mm、Zは $50$ mmのストロークを有するものとした。

【0064】位置決めユニット6の機構について、さらに説明する。

【0065】ワークテーブル1には、連結棒101が取り付けられている。隔壁9dには、貫通孔が設けられている。連結棒101は、この貫通孔を気密を保った状態で貫通し、隔壁9dに固定されている。したがって、連結棒101が変位すると、隔壁9dは、蛇腹9cの自由度の範囲で変位する。連結棒101の端部には、ワークテーブル1を回転させるための回転駆動源4aが取り付けられ、連結棒101を回転させる構成である。

【0066】また、ワークテーブル1をz方向に変位させるために、駆動動力源122と、これに連結されたボールねじ軸123とが配置されている。ボールねじ軸123の軸方向は、z方向である。また、ボールねじ軸1

23と平行に、ガイドロッド23が配置されている。ボールねじ軸123とガイドロッド23とは、ナットブロック125が、取り付けられている。ナットブロック125には、連結棒101を支持する支持ロッド128が固定されている。

【0067】ナットブロック125には、ボールねじ軸123の雄ねじと噛み合う雌ねじが形成されている。また、ナットブロック125には、ガイドロッド23を貫通させる貫通孔が設けられている。駆動動力源122が、ボールねじ軸123を回転させると、ナットブロック125は、ガイドロッド23にガイドされながらz方向に変位する。ナットブロック125がz方向に変位すると、支持ロッド128もz方向に変位し、支持ロッド128に支持された連結棒101およびワークテーブル1もz方向に変位する。

【0068】駆動動力源122は、支持ブロック126上に固定的に搭載されている。この支持ブロック126は、表面が滑らかな支持テーブル124上に搭載されている。支持テーブル124は、駆動動力源22も固定されている。

【0069】支持ブロック126には、x方向に雌ねじが形成され、ボールねじ軸129と噛み合っている。駆動動力源22が、ボールねじ軸129を回転させると、支持ブロック126が支持テーブル124上をx方向に揺動する。これに伴い、ボールねじ軸123、ガイドロッド23、ナットブロック125、支持ロッド128、連結棒101もx方向に変位し、これにより、ワークテーブル1もx方向に変位する。

【0070】また、ワークテーブル1をy方向に変位させる機構として、支持テーブル124の裏面に設けられた凸条151と、凸条151をガイドする凹溝152とが備えられている。凸条151および凹溝152の長手方向は、y方向である。支持テーブル124には、y方向に支持テーブル124を変位させるためのボールねじ軸と駆動動力源（不図示）とが取り付けられている。

【0071】以上が、位置決めユニット6の構成である。

【0072】つぎに、図3、図5を用いて電極傾斜ユニット8の構成について説明する。ここで、図5は、電極傾斜ユニット8の断面図である。図3および図5に示すように、本実施例では、電極2を、ローラー81に固定し、ローラー81に固定的に取り付けられた軸棒82を支持部83で支持する構造を用いた。軸棒82のうち、片側の軸棒82aはチャンバ9aの外に設置された駆動動力源85に接続した。軸棒82aは、セラミクス製である。こうして、駆動動力源85を駆動し、軸棒82を回転させることにより、電極2を傾斜させて、被加工レンズ10の任意の位置において電極2の中心軸を被加工レンズ10の法線方向に向けることができる。また、駆動動力源85は、チャンバ9a外に設置されているため反

反応により腐食されることがない。また、もう片側の軸棒82bには、反応ガスを流すための流路102が設けられている。ローラー81には、流路102と電極2の流路113とを結ぶ流路112が設けられている。ガス供給システム4の反応ガスは、軸棒82bの一端に固定されたガスホース103から供給され、軸棒82bの流路102、ローラー81の流路112および電極内部の流路113を通過して、電極2の先端に生成したプラズマに供給される。

【0073】つぎに、制御部7は、位置決めユニット6の各駆動動力源および電極傾斜ユニット8の駆動動力源85を制御する。

【0074】制御部7の制御動作について、図7のフローを用いて説明する。制御部7は、外部入力されたデータと、制御動作プログラムとを格納するためのメモリと、プログラムを動作させるCPUとを備えている。

【0075】外部入力するデータは、被加工レンズ10の加工前の形状データと、設計による加工後の形状設計値と、加工条件とである。

【0076】被加工レンズ10の加工前の形状測定には、干渉計、三次元測定機などの形状測定機を用いる。

【0077】計測された被加工レンズ10の形状データを外部から制御部7のメモリに入力する。形状データがフロッピーディスクまたはネットワークに出力されている場合はそのまま制御部に入力する。プリンタに出力されていれば手入力となる。同様に、設計値と加工条件とを外部から制御部7のメモリに入力する。

【0078】制御部7のCPUは、加工時にはメモリからプログラムを読みこんで、以下のように動作する。

【0079】まず、メモリから被加工レンズ10の形状データと加工したい形状（設計値）とを読み込む（ステップ701、702）。

【0080】設計値と形状データを比較して、各ポイントにおける加工量を求める。（ステップ703、704）、以下では加工すべきポイントを加工地点と呼ぶ。

【0081】投入電力、反応ガス濃度、反応ガス流速、被加工物と加工電極間の距離であるギャップ長、チャンバ圧力、等の加工条件を読み込む（ステップ705）。

【0082】加工量と上記加工条件に基づいて、各加工地点における加工時間を計算する。（ステップ706）。なお、加工条件を一定にして加工する場合には、加工量は、加工電極2の被加工レンズ10上における滞在時間に比例する。

【0083】被加工レンズ10の形状データから法線を求め、電極の傾斜角度を求め。そして、ステップ706で求めた加工時間データに、加工地点の位置データと、電極の傾斜角度データとを付け加える（ステップ707）。この加工地点を予め定めた順に結んだ経路が、位置決めユニット6の各駆動動力源と、電極傾斜ユニット8の駆動動力源85を動作させるためのプログラムで

あるNCプログラムである。

【0084】上記NCプログラムにより位置決めユニット6と、電極傾斜ユニット8を動作させる（ステップ708）。

【0085】上述の構成の装置を用いて、被加工レンズから所望の形状のレンズを製造する手順を説明する。

【0086】まず、石英ガラスの被加工レンズ10をワークテーブル1上に設置する。つぎにチャンバ9aを密閉し、チャンバ9a内をガス排気システム5により排気する。ガス供給システム5により、チャンバにHeに数%のSF<sub>6</sub>を混合した反応ガスを供給し、数100〜760torrの範囲で一定に保持する。

【0087】電力供給システム3から100W程度の高周波（130MHz）を加工電極2に印加すると、電極2の先端にのみプラズマを生成させることができる。そして、ガス供給システム4からパイプ状の電極2の先端から反応ガスを数10L/min程度の一定流量でプラズマに連続的に供給する。制御部7は前述のフローチャートのように位置決めユニット6および電極傾斜ユニット8を制御して、電極中心軸を被加工レンズ10の法線方向に向け走査させる。

【0088】これにより、石英ガラス（SiO<sub>2</sub>）と反応ガスとは反応し、除去加工が進行する。反応式は、下式であると考えられる。なお、Heは反応に参与しない。

【0089】 $2SF_6 + 3F^* \rightarrow 3SiO_2 + 2SF_6 \rightarrow 3SiO_2 + 3O_2 + 2S$   
 目的とする球面レンズの設計値からの形状誤差が約1μmの球面レンズを被加工レンズ10として、本発明の加工装置により形状修正を行い、球面レンズを製造したところ、加工時間約8時間で形状誤差を0.1μmにすることができた。ただし、被加工レンズ10は、φ150mmであった。

【0090】以上は、球面レンズを加工した例であるが、同様に、球面レンズまたは非球面レンズを被加工レンズとして、非球面レンズを高精度および高速で加工することもできる。

【0091】また、本実施例の加工装置で製造されたレンズは、機械加工で製作されたレンズと異なりスクラッチやクラック層がないため光学性能を極めて高くすることができる。

【0092】また、研磨によって加工された被加工面の表面形状と、本発明の方法で加工された被加工面の表面形状とを図8（a）、（b）に示す。図8（a）、（b）は、被加工面の1μm×1μmの範囲の表面をAFMを用いて測定した結果をもとに作製した図である。研磨加工された面は、図8（a）のように、一方向に筋状の条痕が形成されているが、本発明による加工面では、図8（b）のように最少な粒状の凹凸が存在し、加工後の形状が異なることがわかった。また、AFMの測

定結果から、研磨面の粗さは約0.1nmRa、本発明による被加工面は約0.3nmRaであることがわかった。

【0093】また、本発明の加工装置では、チャンバ内圧力を760torr（大気圧）よりも低くしているため、装置に異常が起こった場合でも、チャンバ内のガスが大気の漏洩することがない。このため、安全性を高めることができるとともに、安全装置を簡約化でき、装置コストの低減をはかることができる。

【0094】なお、電極傾斜ユニット8は、図6のような構成にすることもできる。図6の電極傾斜ユニット8は、支持部83に、流路106を形成した固定部材83aを固定的に取り付け、軸棒82bを固定部材83aで支持するものである。そして、軸棒82bの流路102の端部にガス溜め104を形成している。このガス溜め104は、軸棒82bの外周に沿って開口部を有し、この開口部と、固定部材83aの流路103とが連絡するように配置されている。また、固定部材83aと軸棒82bとの間隙には、ガス溜め104の開口部を挟むように、2本のOリングが取り付けられ、ガス漏れを防いでいる。ガス供給システム4のガスホース103は、固定部材83aの流路103に接続される。

【0095】ガスホース103から供給された反応ガスは、固定部材83aの流路106、軸棒82bのガス溜め104および流路102を通過して電極2に供給される。

【0096】電極傾斜ユニット8を図6のような構成にした場合には、ガスホース103と軸棒82bとが固定されていないため、軸棒82bを回転させても、ガスホース103に軸棒82a回転の応力が加わらず、また、軸棒82bにガスホース103の弾性力が作用しないため、軸棒82bの回転トルクが小さくできる。したがって、電極2の傾斜を高精度に制御できる。

【0097】

【発明の効果】上述のように、本発明によって提供されるプラズマによって生成したラジカル反応によって加工

を行う加工装置は、曲面を精度良く加工することができる。

【0098】また、本発明の加工装置でレンズを製造した場合、機械加工で製作されたレンズと異なりスクラッチやクラック層がないため光学性能を極めて高くすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施の形態によるレンズ加工装置の構成を示すブロック図。

【図2】本発明の一実施例のレンズ加工装置の構成を示す説明図。

【図3】図2のレンズ加工装置の電極傾斜ユニット8の構成を示す説明図。

【図4】(a)、(b)従来のプラズマCVM装置における電極と被加工レンズの配置と、プラズマの状態を示す説明図。

【図5】図2のレンズ加工装置の電極傾斜ユニット8の構成を示す部分断面図。

【図6】図2のレンズ加工装置の電極傾斜ユニット8の別の構成を示す部分断面図。

【図7】図2のレンズ加工装置の制御部7の動作を示すフローチャート。

【図8】(a)従来の機械加工による研磨面の形状を示す説明図。(b)本実施例のレンズ加工装置による加工面の形状を示す説明図。

【図9】(a)～(f)本発明のレンズ加工装置に用いることのできる電極の一例を示す説明図。

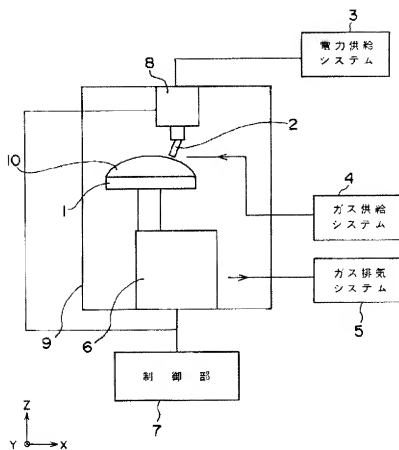
【図10】従来のプラズマCVM装置において、電極に対して被加工物の被加工面を傾斜させた場合の加工痕の形状を示すグラフ。

【符号の説明】

1・・・ワークテーブル、2・・・加工電極、3・・・電力供給システム、4・・・ガス供給システム、5・・・ガス排気システム、6・・・位置決めユニット、7・・・制御部、8・・・電極傾斜ユニット、9・・・チャンバ、

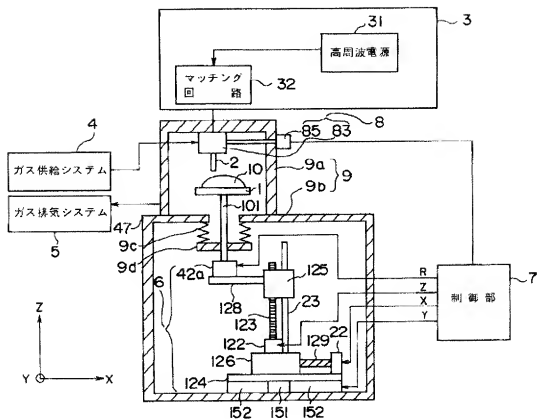
【図1】

図 1



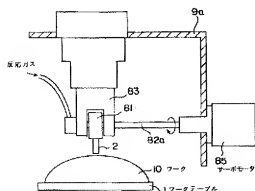
【図2】

図 2



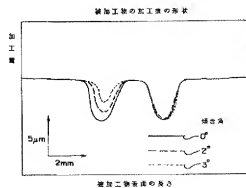
【図3】

図 3



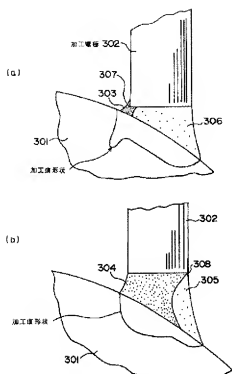
【図10】

図 10



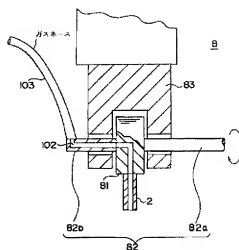
【図4】

図 4



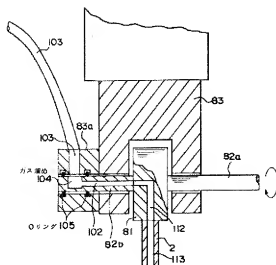
【図5】

図 5



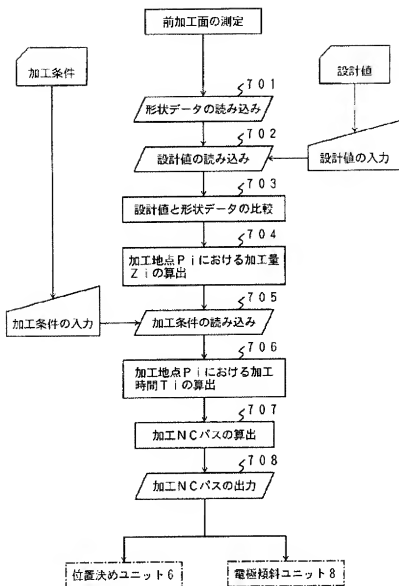
【図6】

図 6

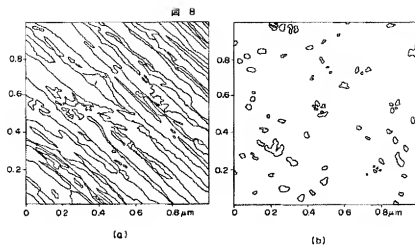


【図7】

図 7



【図8】






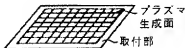
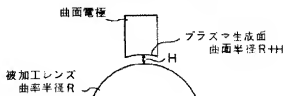




【図9】

図 9

電極名称と構成

名 称	電 極 構 成
(a) スティック電極	棒状 (形状は図に限定されない) 
(b) 複合スティック電極	スティック電極を多数配列させたもの (配列の仕方は図に限定されない) 
(c) ブレード電極	葉状 (形状は図に限定されない) 
(d) 複合ブレード電極	ブレード電極を多数配列させたもの (配列の仕方は図に限定されない) 
(e) ブロック電極	ブロック状 (形状は図に限定されない) 
(f) メッシュ電極	網状 (形状は図に限定されない) 
(g) 曲面電極	曲面電極 

フロントページの続き

(51)Int. Cl.<sup>6</sup>

H01L 27/14

H05H 1/46

識別記号 序内整理番号

F I

H01L 21/302

27/14

技術表示箇所

A

D

(72)発明者 柴田 規夫  
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株  
式会社ニコン内  
(72)発明者 海老 正美  
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株  
式会社ニコン内

(72)発明者 田中 宏明  
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株  
式会社ニコン内  
(72)発明者 森 勇藏  
大阪府交野市私市8丁目16番9号